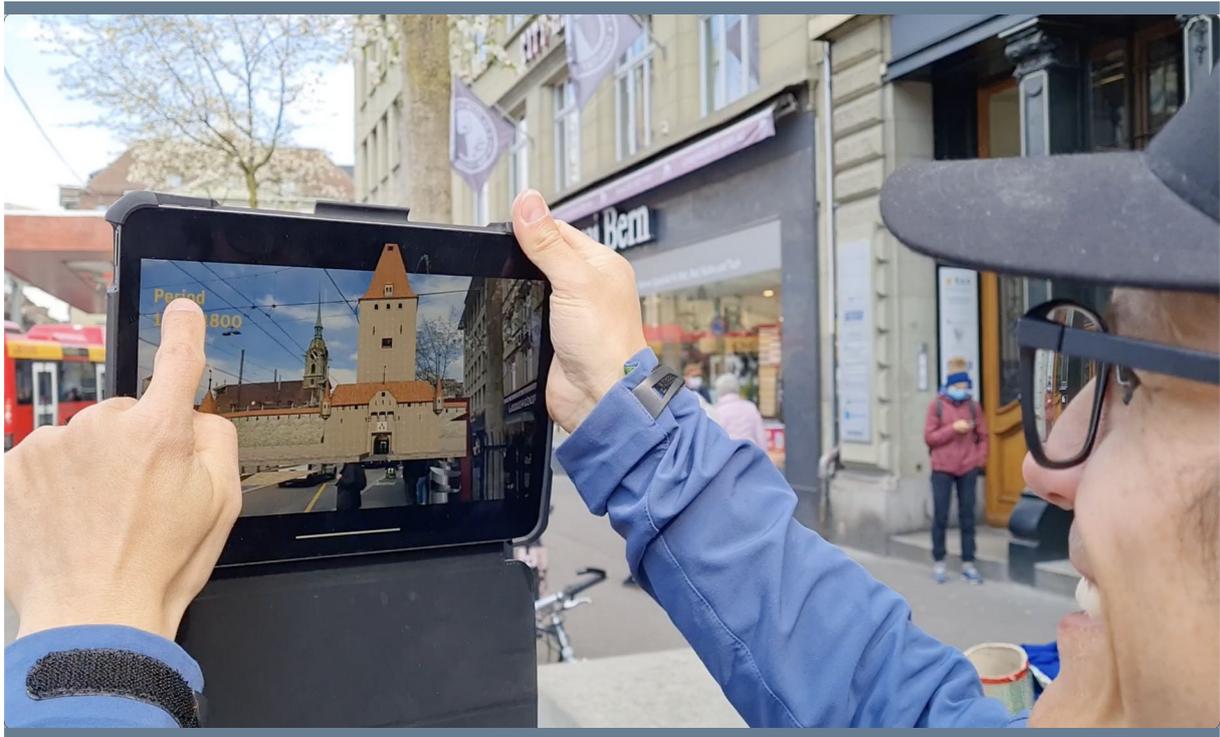


BFH-TI - Departement Technik und Informatik
HuCE - Institute of Human Centered Engineering
cpvrLab - Computer Perception and Virtual Reality Lab

Projekt Erleb-AR: Abschlussbericht



Erfolgreiche Erleb-AR-Test auf einem iPad Pro in Bern (Bild aus [YouTube-Video](#))

Autor: Marcus Hudritsch

11. Mai 2021

1 Einleitung

Unser Projekt heisst **Erleb-AR** und wurde im Rahmen einer Wettbewerbsausschreibung im Themenbereich *Kulturerbe erleben* vom Bundesamt für Kultur (BAK) am 3. Dezember 2018 bewilligt und mit 238'000 CHF unterstützt. Die Machbarkeitsstudie *Christoffelturm*, welche als Grundlage für die Wettbewerbseingabe diente, wurde durch die Haslerstiftung mit 50'000 CHF und vom Lotteriefonds des Kt. Bern mit 7'410 CHF finanziert.

Der Projektinhalt wurde im Antrag in der Kurzform wie folgt umschrieben:

Das Projekt Erleb-AR der BFH will nicht mehr existierendes Kulturerbe mit Augmented Reality (AR) erlebbar machen. Dafür wird eine App für Mobilgeräte entwickelt mit der nicht mehr sichtbare Gebäude perspektivisch präzise ins Videobild einblendet werden können. Kulturerbe kann so in seinem ursprünglichen Ausmass und seiner ursprünglichen Umgebung wieder sichtbar und erlebbar gemacht werden.

In einer Machbarkeitsstudie wurde ein Prototyp für den Berner Christoffelturm entwickelt. Nun soll dieses Verfahren für 4 Standorte in der Schweiz weiterentwickelt werden. Zusammen mit dem Institut für archäologische Wissenschaften der Uni Bern werden geeignete Orte für die Anwendung ausgewählt.

2 Status

2.1 Zeitlicher Status

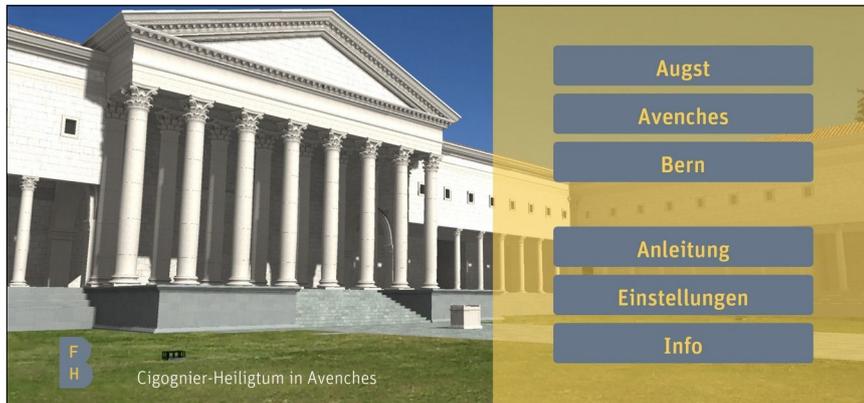
- Die Entwicklungsarbeit des Projektes ist abgeschlossen.
- Die Android-App ist seit Anfang April im [Android Playstore](#) erhältlich
- Die iOS-App für Apple Geräte ist seit dem 6. Mai im [Apple Appstore](#) erhältlich
- Diverse Vorstellungstermine stehen noch an und sind in Vorbereitung:
 - Geschlossene Präsentation am 29.5. an der *Journée Vaudoises d'Archéologie*.
 - Öffentliche Präsentation am 26.6. an der *Assemblée générale de l'Association Pro Aventico*.
 - Öffentliche Vorstellung in Bern im Herbst 2021 (Datum noch unbekannt).
 - Öffentliche Vorstellung in Augst (Datum noch unbekannt)
- Weitergehende Wartung der App

Ursprünglich waren 12 Monate für das Erleb-AR-Projekts eingeplant. Daraus wurden nun insgesamt 22 Monate (August 2019 – Mai 2021). Die Gründe für die fast doppelt so lange Entwicklungszeit sind vielfältig und werden im Projektfazit erläutert.

2.2 Inhaltlicher Status

2.2.1 Produkt: Erleb-AR App

- **Gratis App in App-Stores:** Das Resultat des Projekts ist eine App, welche gratis aus den App-Stores für die Mobilgeräte von [Apple](#) und [Android](#) heruntergeladen werden kann.



- **Zusätzlicher Download pro Standort:** Weil die Modelldaten die max. erlaubte App-Größe überschritten hätte, müssen diese nach der Installation zusätzlich pro Standort heruntergeladen werden. Die App kann danach verwendet werden, auch wenn man sich nicht an einem der Standorte befindet.
- **App in drei Sprachen:** Die Erleb-AR App ist in die Sprachen Englisch, Deutsch und Französisch übersetzt.
- **Anleitung:** Nach der Installation der App wird der Benutzer durch eine kleine Anleitung geführt:
 - Anleitung Bild 1:

Die gelben Symbole zeigen Orte an, an denen Sie die App verwenden können. Sie müssen dasjenige anklicken, bei welchem Sie stehen.



- Anleitung Bild 2:

Das blaue Symbol ist Ihre GPS-Position.



- Anleitung Bild 3:

Die Orte, von denen Sie die Visualisierung starten können, befinden sich immer an gut wiedererkennbaren Stellen.



- Anleitung Bild 4:

Sie müssen an genau diesem Punkt starten und in die selbe Richtung blicken, wie der Benutzer auf dem Bild.



- Anleitung Bild 5:



Einige Bereiche verwenden Informationsfelder, um Ihren genauen Standort zu ermitteln. Für diese Standorte werden Sie aufgefordert, Ihr Telefon auf die Informationsanzeige zu richten.

- **Anleitung Bild 6:**

Sie können die Position des Modells mit dem Finger manuell korrigieren.



- **Anleitung Bild 7:**

Nach einem kurzen Moment erscheint das 3D Gebäude. Sie können das Gebäude aus verschiedenen Blickwinkeln betrachten. Falls Ihr Telefon ARCore oder ARKit unterstützt, können Sie sich auch frei um das Gebäude bewegen.



- **Info-Seiten:** Bevor die Modell-Augmentierung beginnt, zeigt die App einen Info-Text zum jeweiligen Objekt an.

← Cigognier
→

Cigognier-Heiligtum

Das um 98 n. Chr. entstandene Cigognier-Heiligtum bildet mit dem ihm gegenüberliegenden Theater eine architektonische Einheit. Namengebend für das Heiligtum war die «Storchensäule», eine Kalksteinsäule, die seit der Antike stehen geblieben war und auf die Störche ihr Nest eingerichtet hatten. Es liegt südlich der Stadtquartiere in einem ehemals sumpfigen, trockengelegten Gebiet. In den Jahren 1938 bis 1940 fanden im Rahmen eines Arbeitslosenprojektes umfangreiche systematische Grabungen statt, bei denen die Reste des Heiligtums freigelegt wurden. Hier wurde auch im Jahr 1939 die berühmte Goldbüste des Kaisers Marc Aurel in einem Abwasserkanal entdeckt. Dieses imposante Bauwerk (ca. 107 x 77 m), dessen Grundriss ein in Rom von Kaiser Vespasian errichtetes Monument (Forum Pacis) zum Vorbild hat, besteht primär aus einer auf drei Seiten um einen 80 x 61 m grossen Hof gruppierten, Pi-förmigen Säulenhalle, in die ein leicht vorspringender Tempel eingebunden war, der im rückwärtigen Bereich um rund 20 m über die Mauerflucht ausgriff. Der Tempel erhob sich auf einem massiven Podium und erreichte mit seiner acht-säuligen Fassade eine Höhe von 20 m. Als Baumaterial für die sichtbaren Teile des Tempels und der Säulenhallen fand weisser, sehr dichter Urgonien-Kalkstein aus der Gegend von La Lance am Ufer des Neuenburgersees Verwendung. Eine 53 m lange, axial auf die Tempelfassade

- **Zwei Initialisierungsmodi:** Wie im Fazit-Kapitel noch genauer erläutert werden wird, ist die präzise initiale Lokalisierung die grösste Herausforderung bei Outdoor AR. Die App muss zu Beginn einer Augmentierung genau wissen, wo sich das Mobilgerät befindet ($\pm 20\text{cm}$) und in welche Richtung es schaut ($\pm 1^\circ$). Für diese Aufgabe haben wir drei Lösungen implementiert:
 - **Foto-Standort mit Foto-Richtung:** Wo man sich ungefähr befindet, sieht man am blauen Punkt (s. Anleitung Bild 2), welcher die aktuelle GPS-Position anzeigt. Wenn man auf eines der gelben Standortdreiecke in der Nähe klickt, erhält man ein Bild mit einem Erleb-AR-Nutzer von hinten fotografiert (s. Anleitung Bild 3). Dieser steht an einem gut wiedererkennbaren Ort und schaut in

die Richtung, welche für eine korrekte Initialisierung erwartet wird (s. Anleitung Bild 4). Die Blickrichtung wird nur ungefähr stimmen, weshalb der Benutzer die Möglichkeit hat, während der Augmentierung das Modell horizontal um den Blickpunkt zu drehen. Dazu führt er den Finger in horizontaler Richtung über den Bildschirm des Mobilgerätes.

- **Marker-Standort mit Marker-Richtung:** Besteht die Möglichkeit aus einem Marker-Bild eine Punktwolke zu erstellen, so kann die Position und Orientierung daran genau initialisiert werden. Zur Zeit ist dies bei einem Informationspanel in Augst und einem beim Cigognier Heiligtum in Avenches der Fall (s. Anleitung Bild 5). Auf diesen Paneelen befindet sich auch ein kleiner Info-Sticker, welcher den Besucher auf unsere Web-Seite verweist. Die Web-Seite kann auch durch Scannen des abgebildeten QR-Codes erreicht werden. Dort findet der Benutzer weitere Informationen zu Erleb-AR und der App.



- **GPS-Standort mit Kompassrichtung** (z.Z. nicht aktiv): Diese dritte Methode ist zur Zeit nicht aktiv, weil die Genauigkeit der GPS- und Kompassensoren z.T. sehr ungenau sind. Unter freiem Himmel erreichen GPS-Sensoren bestenfalls eine Genauigkeit von 2-5m. Problematischer sind jedoch die Kompassensoren (*IMU – Inertial Measurement Unit*) deren aktuelle Genauigkeit nicht abgefragt werden kann. Diese sind zwar oft recht genau ($\pm 5^\circ$), können aber auch sehr stark von der Wirklichkeit abweichen. Zur Erhöhung der Genauigkeit müssen diese Sensoren regelmässig einen manuellen Kalibrierungsprozess durchlaufen (in Form einer Achterbewegung). Grundsätzlich haben Kompassensoren aber das Problem, dass sie sensibel auf starke Magnetfelder oder in der Nähe von Metall reagieren. Dies ist insbesondere in Bern auf dem Bahnhofplatz ein Problem, wo die Fahrleitungen und die Elektromotoren der Busse und Trams starke Magnetfelder erzeugen.
- **Kontinuierliches Tracking:** Ist die initiale Lokalisierung erfolgt, wird die Bestimmung von Position und Orientierung des Mobilgerätes von einem AR Framework (ARKit auf Apple- und ARCore auf Android-Geräten) übernommen. Man kann sich dadurch nach der Lokalisierung frei bewegen und die Augmentierung wird über eine gewisse Distanz korrekt nachgeführt.
- **Augmented Reality Erlebnis:** Die kontinuierliche Verwendung von Position und Orientierung des Trackings ermöglicht schlussendlich die glaubhafte Überblendung der Erleb-AR 3D-Modellen über das Live-Video. Der aktuelle Sonnenstand wird in augmentierten Modellen übernommen. Der Schatten der 3D-Modelle kann auch auf den realen Videohintergrund fallen. Nachfolgend jeweils zwei Bilder von jedem der sechs Objekte ohne und mit Augmentierung. Die Präzision des Trackings kann man natürlich nur bei der Anwendung oder in unserem [Video auf YouTube](#) sehen.



Augst: Schönbühltempel ohne und mit Augmentierung



Augst: Theater ohne und mit Augmentierung



Bern: Bahnhofplatz ohne und mit Augmentierung des Christoffelturms vor 1800



Avenches: Cigognier Heiligtum ohne und mit Augmentierung



Avenches: Amphitheater ohne und mit Augmentierung

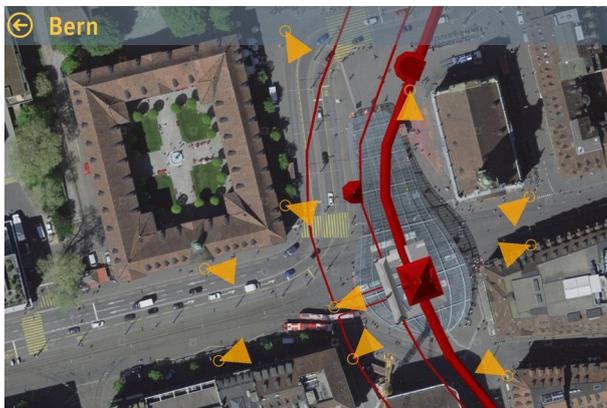


Avenches: Theater ohne und mit Augmentierung

2.2.2 Objekte und Standorte

Im Projektantrag wurden 4 Objekte an 4 Standorten versprochen. Daraus wurden 6 Objekte an 3 Standorten.

- Christoffelturm in Bern in zwei verschiedenen Epochen mit 10 Foto-Standorten:



- Römischer Tempel in Augst mit einem Marker-Standorte und Römisches Theater in Augst mit 6 Foto-Standorten:



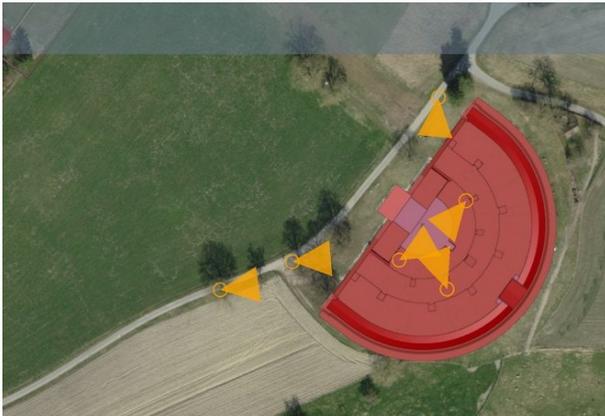
- Römisches Amphitheater in Avenches mit 7 Foto-Standorten:



- Römisches Cigognier Heiligtum in Avenches mit 3 Foto-Standorten und einem Marker-Standort:



- Römisches Theater in Avenches mit 7 Foto-Standorten:



2.2.3 Projekt Web-Seite

Auf www.erleb-ar.ch finden Benutzer alle nötigen Information über das Projekt in drei Sprachen. Auf diese Seite verweisen die kleinen Info-Sticker mit QR-Code:

Erleb-AR
Download
Standorte
Über das Projekt
DE FR EN

Erleben Sie einen Teil des reichen Schweizer Kulturerbes hautnah. Mit der Erleb-AR App können Sie die Römersiedlungen Aventicum und Augusta Raurica in ihrem historischen Originalzustand erkunden und am Berner Bahnhofplatz den nun nicht mehr vorhandenen Christoffelturm an seinem ursprünglichen Platz bestaunen.



JETZT BEI
Google Play



Laden im
App Store



Aventicum

In der vom Keltenstamm der Helvetier gegründeten Stadt sind noch heute römische Bauten teilweise sichtbar - das Theater, das Amphitheater und das Cigognier-Heiligtum, welche nun dank der Erleb-AR App wieder in ihrer antiken Pracht bewundert werden können.



Augusta Raurica

Die römische Koloniestadt Augusta Raurica war eine blühende Handels- und Gewerbetropole. Mit der Erleb-AR App ist es nun möglich, wie ein antiker Römer auf die Tribüne des 3. Theaters zu blicken oder zwischen den Säulen des Portikus im Tempel auf dem Schönbühl-Hügel zu wandeln.



Christoffelturm in Bern

Der Christoffelturm stand bis zu seinem Abbruch Mitte des 19. Jahrhunderts dort, wo heute der Baldachin den Berner Bahnhofplatz überspannt. Mit der Erleb-AR App kann der Turm jetzt wieder an seinem ursprünglichen Platz betrachtet werden.



Entwicklung der Erleb-AR App

Die Erleb-AR App wurde am Institute for Human Centered Engineering HuCE im Labor für Computerwahrnehmung und virtuelle Realität (cpvrLab) der Berner Fachhochschule entwickelt, mit grosszügiger finanzieller Unterstützung des Bundesamt für Kultur BAK. Technische Details können Sie den Videos auf dem YouTube-Kanal des cpvrLab oder der Projektseite der BFH entnehmen.

[Erleb-AR Video in hoher Qualität](#)
[Erleb-AR YouTube-Playlist](#)
[Projektseite Erleb-AR der Berner Fachhochschule](#)





Hauptspensoren



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement des Innern EDI
Bundesamt für Kultur BAK





<p>Entwickelt an der Berner Fachhochschule</p>  <p>Berner Fachhochschule Haute école spécialisée bernoise Bern University of Applied Sciences</p>	<p>Kontakt</p> <p>HuCE - cpvrLab Höheweg 80 2502 Biel marcus.hudritsch@bfh.ch</p>	<p>Links</p> <p>HuCE - cpvrLab Bundesamt für Kultur Museum Augusta Raurica Museum Avenches Archäologischer Dienst Bern</p>	<p>Ausgewählt als Projekt für "Kulturerbe für Alle"</p>  <p>PATRIMOINEPOURTOUS KULTURERBEFÜRALLE PATRIMONIOPERTUTTI <small>PARTECIPARE! HAIH MI! PARTECIPARE!</small></p>
---	---	---	---

3 Fazit

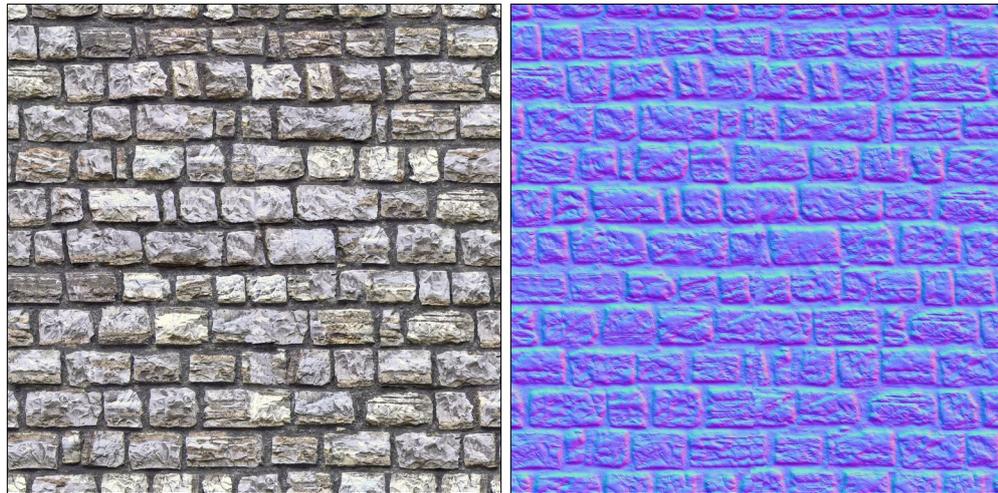
Wie bereits erwähnt hat das Projekt deutlich länger gedauert als ursprünglich geschätzt. Die Gründe für diesen Verzug sollen nachfolgend zusammengefasst werden:

- **Ursprünglicher Lösungsweg wurde eine Sackgasse:** Fast ein Jahr lang haben wir unseren ursprünglichen Lösungsansatz für eine initiale Lokalisierung und das nachfolgend kontinuierliche Tracking anhand einer grossen Punktwolke verfolgt. Mittels vielen Videos von einem Standort haben wir eine grosse Punktwolke gebaut, welche uns die Unabhängigkeit von den notorisch ungenauen GPS- und IMU-Sensoren ermöglichte.
 - **Eine 70 prozentige Lösung reicht nicht für ein brauchbares Produkt:** Unsere Lösung hat bei vielen Tests schätzungsweise zu 70% funktioniert. Insbesondere bei schönem Wetter, wenn sich die Schattenverhältnisse über den Tag stark ändern, hat die initiale Lokalisierung häufig versagt. Mit einem 70% Resultat kann man eine Forschungsarbeit abschliessen, jedoch nicht ein öffentliches Endkundenprojekt.
 - **Ausweg aus der Sackgasse:** Im Sommer 2020 mussten wir deshalb die Notbremse ziehen und nach einer alternativen Lösung suchen. Die Rettung für unser Projekt waren die beiden AR-Frameworks von Apple und Android, mit welchen man nach einer kurzen Initialisierungsphase eine lokales Tracking realisieren kann. Für die notwendige Lokalisierung sind wir zurück auf die Idee mit einem Marker bzw. einem lokal gut identifizierbaren Standort (s. Anleitungsbilder). Dies war unser erster Lösungsvorschlag in einer Offerte für das Christoffelturm-Projekt aus dem Jahr 2015!
- **Ein Endkundenprodukt ist keine Forschungsarbeit:** Wir sind uns gewohnt, aF&E-Projekte (angewandte Forschung und Entwicklung) mit einem Bericht und einem funktionierenden Prototypen abschliessen. Den Aufwand um Letzteren zu einer perfekt funktionierenden und öffentlich verfügbaren App zu entwickeln wurde klar unterschätzt.
- **Erhöhter Kommunikationsaufwand:** AR und VR sind schwierig zu erklären, wenn man es nicht ausprobieren kann. Um den Projektstand an unsere Auftraggeber und alle beteiligten Stake-Holder zu kommunizieren, mussten wir einige aufwändige Videos produzieren.
- **Veröffentlichung der App in Appstore (Apple) und Playstore (Android):** Der Aufwand die App in den Stores von Apple und Android zu veröffentlichen wurde zeitlich unterschätzt. Besonders bei Apple benötigt es viel Kommunikation und Zeit für kleine Nachbesserungen. Apple verlangt z.B. unter anderem einen Beweis, dass die App auch wirklich das tut, was wir erklären. Da Apple die App nicht live an den Erleb-AR Standorten ausprobieren kann, mussten wir ein Video anfertigen, welches einen Benutzer bei der erfolgreichen Verwendung der Erleb-AR App auf einem Apple-Gerät zeigt.
- **3D-Modellaufbereitung und Darstellung war aufwändiger als geplant:** Den Stand der Modelle können Sie in einem [Video auf YouTube](#) einsehen.
 - **Modellaufbereitung:** Ein grosses Glück in diesem Projekt war die grosszügige Bereitschaft von Herrn Hufschmid und Herrn Reymond uns ihre archäologischen 3D-Modelle von den Theatern und Tempeln von Augst und Avenches zur Verfügung zu stellen. Bei der Projekteingabe hatten wir nur das Modell des Christoffelturms von Herrn Bärswyl vom archäologischen Dienst des Kantons Bern als Referenz. Die Modelle der faszinierenden römischen Bauten haben einerseits mein Architektenherz höher schlagen lassen aber auch andererseits die Mobilgeräte bei deren Darstellung in die Knie gezwungen. Der Detaillierungsgrad einer Säule vom Schönbühl-Tempel in Augst ist etwa so gross wie das gesamte Christoffelturmmodell. Die römischen Modelle wurden in mehreren Schritten vereinfacht, möglichst ohne den Detaillierungsgrad zu reduzieren. Dabei wurden jedoch auch interessante Unterstrukturen entfernt, die man beim fertigen Modell für AR gar nicht mehr sieht. Relativ rasch entstand bei

dieser Aufarbeitung die Idee, für ein Nachfolgeprojekt für VR. Das Potenzial für die Darstellung dieser imposanten Gebäude ist noch lange nicht ausgeschöpft.

- **Modelldarstellung:**

- **Texturierung:** Alle Modelle mussten neu texturiert werden, weil sie entweder gar keine Texturen besaßen oder zu gering aufgelöste, um sie auch aus der Nähe zu betrachten. Alle Texturen müssen perfekt nahtlos sein, damit sie sich gut repetieren lassen. Ausserdem benötigen sie für einen beeindruckenden 3D-Effekt eine sogenannte Normal-Map. Nach ersten Tests auf den Mobilgeräten mussten zudem alle Texturen aufgrund von Speicherproblemen nochmals überarbeitet (verkleinert) werden.



Oben links: Die [MedievalStoneWall](#) Texture mit ihrer Normal Map rechts. Darunter ist deren Anwendung auf dem Theater von Augst. Insbesondere ein einigermaßen korrektes Fugenbild hinzukriegen gleicht einer Sisyphus-Arbeit.

- **Eigene Render Engine:** Eine «live» 3D-Visualisierung setzt man normalerweise mit einer kommerziellen sogenannten Game Engine (z.B. mit [Unity3D](#) oder [Unreal Engine](#)) oder einer eigenen Render Engine um. Wir haben uns für letzteres entschieden, weil wir einerseits bereits eine weit gediehene eigene Opensource-Engine ([SLProject](#)) hatten und andererseits, weil es uns so freistehen würde, unser Projekt in Zukunft als Opensource-Projekt der Allgemeinheit zur Verfügung stellen zu können. In der Erleb-AR-App stecken somit keine externen Lizenzverpflichtungen und alle verwendeten Komponenten sind frei erhältlich. Zur Zeit wird jedoch der Quellcode der Erleb-AR-App an der BFH intern geschützt verwaltet. Dazu gehören ebenfalls die Modelldaten.

Unsere Engine konnten wir durch mehrere wertvolle Bachelor Thesen von engagierten Studenten erweitern. Dazu gehört die Berechnung und Darstellung von Schatten in «Echtzeit» (BFH Absolvent Michael Schertenleib), die es uns ermöglicht die Gebäudeschatten dem Datum und der Tageszeit entsprechend korrekt sowohl auf virtuelle als auch auf reale Flächen im Video zu projizieren.

- **Home-Office im Corona-Jahr:** Auch in unserem Projekt darf natürlich die Corona-Krise nicht unerwähnt bleiben. Obwohl wir als Informatiker die digitale Kommunikation gewohnt sind und wir den Umstieg aufs Home-Office von einer Woche auf die andere eingeführt haben, so hat auf die Dauer die Team-Kommunikation doch gelitten. Es ist vor allem die fehlende kleine «Zwischendurch»-Kommunikation, welche zu mehr Dissonanz und Ineffizienz geführt hat. Der fehlende Kaffeetratsch und die fehlenden Nebengeräusche macht die Pulsföhlung schwieriger.

Trotz aller Schwierigkeiten haben wir nie am eigentlichen Ziel des Projektes gezweifelt, mit unserer Erleb-AR App den Besuchern der Standorte einen besseren Blick auf unser faszinierendes Kulturerbe geben zu können.

Erste sehr positive Reaktionen und Anfragen, ob man diese App nicht auch an anderen Orten gebrauchen könnte zeigen, dass wir das Ziel nicht verfehlt haben.